

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАБЛЮДЕНИЯ БОЛИДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СЕТЕЙ

Кругликов Н.А.^{1,2,7}, Крушинский В.В.¹, Янковский И.С.³, Рычков Д.А.^{4,5}, Борболин А.Д.¹,
Белева Е.А.¹, Гроховский В.И.¹, Кутков О.Е.⁶, Назаров С.В.⁶

¹Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург

²Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург,
nick@imp.uran.ru

³Муниципальное образовательное учреждение «Гаевская основная общеобразовательная школа»,
д. Гаева, starvisor.ural@gmail.com

⁴ООО «Газпром трансгаз Краснодар», г. Анапа

⁵International Meteor Organization, dmitr.rychkov@gmail.com

⁶Крымская астрофизическая обсерватория, пос. Научный,

⁷Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург

Основные производители оборудования для регистрации изображений прекращают производство компонент на основе ПЗС-матриц [www.ixbt.com, 2015] для видеокамер, поскольку были разработаны КМОП-сенсоры с малым уровнем шума и с меньшей стоимостью. Среди новых сенсоров, обладающих подходящими характеристиками можно выделить КМОП-сенсоры фирмы Sony, такие как IMX225, IMX385, IMX327(BSI), IMX291(290)(BSI) [Vida, 2015]. С одной стороны, это затрудняет поиск оборудования для реализации фотометода, где использование ПЗС-матрицы более логично, с другой – понижает стоимость камеры, которую можно использовать для реализации видеонаблюдений. Десять лет назад типичный комплект для телевизионной регистрации метеоров представлял собой камеру Watec Wat-902H2 Ultimate ценой ~\$385 и объектив 6 мм F0.8 Computar HG0608FCS-HSP ценой ~\$180. В настоящее время компоненты, подходящие для сборки комплекта с характеристиками, превосходящими этот вариант, обойдутся энтузиастам, по крайней мере, в пять раз дешевле. Стали доступны компоненты для сборки видеокамер, миниатюрные компьютеры и качественные светосильные объективы. В то же время, появилась разработка хорватской болидной группы и сотрудников Университета Западного Онтарио (Канада) на базе одноплатного компьютера RaspberryPi [Vida, 2015; Vida, 2016]. Используя соединение с IP-камерой, поддерживающей RTSP протокол, открытый исходный код [github.com, 2019], работающий с OpenCV, позволяет осуществлять детектирование в видеорежиме. Модуль IP видеокамеры, одноплатного компьютера и гермокожуха достаточно, чтобы организовать работу камеры в видео режиме.

В течение 2018 года, в первой половине 2019 года нашей группой проводились наблюдения болидных

явлений, эксперименты по оценке эффективности соответствующих алгоритмов обработки изображений, их оптимизация, сборка и отладка различных конфигураций оборудования с целью выбора не дорогого, но достаточно производительного решения, подходящего для широкого круга наблюдателей. На территории Свердловской области была использована болидная сеть, состоящая из трех пунктов наблюдения. В каждом пункте были установлены обзорная камера всего неба и две горизонтальные (направленные под небольшим углом к горизонту с полем зрения ~40x40 градусов) камеры. Один пункт располагался на территории Коуровской астрономической обсерватории (КАО УрФУ) и использовал фотометод. Второй находился в р.п. Атиг. Его обзорная камера использовала фотометод, горизонтальные — видеометод. В этих пунктах наблюдение осуществлялось круглосуточно в автоматическом режиме. В третьем пункте на восточной окраине г. Ирбит использовался видеометод. Здесь информация с камер поступала на накопитель непрерывно в течение ночи, с анализом в течение следующего дня в полуавтоматическом режиме. Кроме того, для определения районов падения использовались видеозаписи, полученные очевидцами событий, и данные web-камер, к которым открыт публичный доступ.

В Краснодарском крае, благодаря активной деятельности Дмитрия Рычкова и Сергея Назарова, формируется еще одна наблюдательная группа. Сейчас в ее составе действуют два пункта наблюдения – в г. Анапа и вблизи г. Краснодар (ст. Азовская, Северский р-н Краснодарского края, Олег Милантьев). Используются различные конфигурации. Одна из конфигураций была приобретена и протестирована лидером европейской метеорной сети ИМО Зирко Молау, он оценил ее как достойную замену стандартной конфигурации

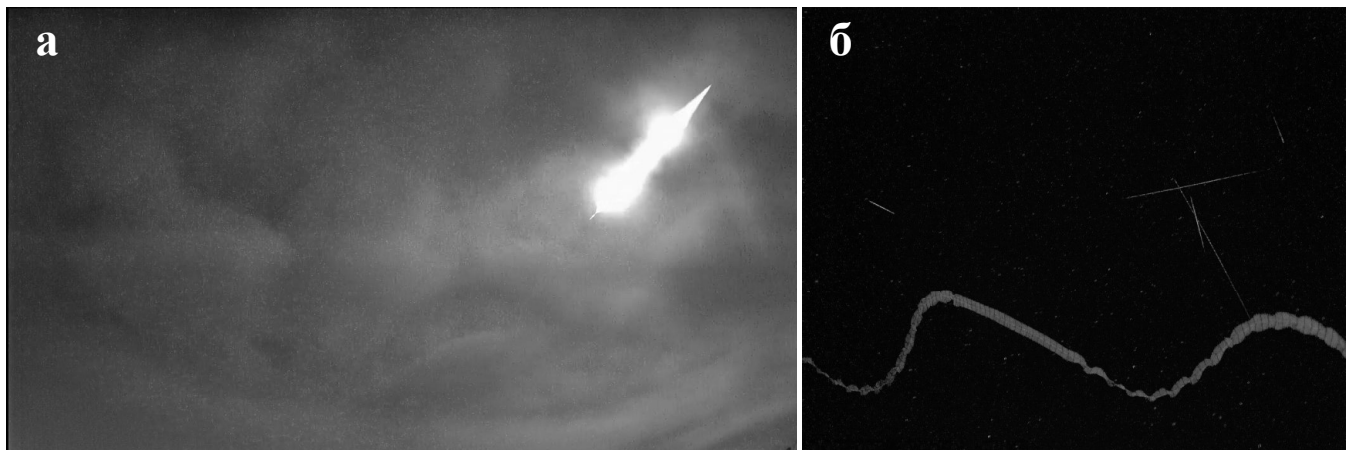


Рис. 1. Изображение яркого болида 30.01.2019 г. над Краснодарским краем полученное с использованием видеометода, реализованного на базе RaspberryPI, Дмитрием Рычковым, г. Анапа (а); композитное изображение (результат сложения кадров) траектории совы, полученное при помощи конфигурации, использующей RaspberryPI и IP-камеру в окрестностях города Ирбит, Ильей Янковским (б)

[www.imonet.org, 2019]. Зона покрытия этого сегмента сети смыкается с зоной, доступной для наблюдений Крымской астрофизической обсерватории – КрАО (имеется All-sky камера под управлением RaspberryPi, использующая фотометод и библиотеку OpenCV) [Kruglikov, 2018] и Специальной астрофизической обсерватории (планируется установка двух камер с использованием видеометода силами любителей астрономии).

Для сравнения производительности алгоритмов компьютерного зрения и нейронных сетей нами были проведены эксперименты по автоматическому распознаванию объектов на снимках, полученных фотометодом. Опыт использования алгоритмов распознавания при наблюдениях продемонстрировал, что камеры, использующие фотометод, могут обслуживаться даже компьютерами весьма слабой конфигурации на базе процессоров Pentium IV под управлением Windows XP с использованием интерпретатора языка Python. Библиотека OpenCV с использованием компилятора C++ дает более высокую скорость распознавания, но требует создания специализированных приложений под разные операционные системы и большего времени на разработку. Для более производительных систем могут быть использованы современные версии интерпретатора Python, интегрированного с библиотекой OpenCV. Но такой подход приводит к удорожанию управляющего компьютера, хотя и упрощает разработку. В случае использования одноплатных компьютеров он вполне оправдан и был реализован в КрАО и в КАО УрФУ. Наш опыт показывает, что повторяемость результатов метеорных станций, собранных с использованием различных компонент, может быть обеспечена на этапе фотометрической калибровки, возможность которой предусмотрена в большинстве программных продуктов для регистрации метеоров. Могут быть использованы

аналоговые камеры и бытовые охранные видеорегистраторы. Это позволяет вести круглосуточные наблюдения и регистрировать дневные болиды. Конфигурация, аналогичная предложенной в работе [Vida, 2018], была реализована в Ирбите в качестве дублирующей, что существенно упростило наблюдения.

Использование болидной сети и видеозаписей очевидцев в описываемый период позволило определить траектории нескольких ярких болидов и предполагаемые зоны поиска метеоритного вещества. В случае метеорита Озерки (22.06.2018) по видеозаписям очевидцев вещество было обнаружено в течение недели, собрано и зарегистрировано в течение месяца. В то же время, тщательные поиски метеоритного вещества после болидного явления в районе г. Катайск 07 марта 2018 года не принесли результатов что, по всей видимости, связано с малой массой метеороида [Larionov, 2018]. Для метеороида, попавшего в атмосферу Земли над Краснодарским краем 30 января 2019 года [fireballs.imo.net, 2019], удалось определить траекторию, но с учетом небольшой массы объекта и недоступного для поиска предположительного места падения (военный полигон) поиск проведен не был (при этом отдельные группы, все же, пытались искать на смежных территориях, что не дало результатов).

Выводы:

1) подход, предложенный в работе [Kruglikov, 2018], является вполне продуктивным, но использование стационарных пунктов наблюдений пока приносит меньше пользы за счет малого их количества;

2) при удачном стечении обстоятельств, для определения траектории болида достаточно двух недорогих и хорошо привязанных камер, даже если одна из них использует фотометод;

3) минимальная стоимость комплекта оборудования для узла болидной сети может быть существенно понижена (до 10 тысяч рублей) за счет использования новых технических решений и более производительных алгоритмов;

4) использование машинного обучения и, в частности, нейронных сетей может дать дополнительный выигрыш в производительности наблюдательных станций;

5) определение траектории болидов по данным видеозаписей очевидцев пока невозможно реализовать при помощи автоматических алгоритмов и по-прежнему требует экспертного подхода. В местах, где нет стационарных пунктов наблюдения, такой метод позволяет обнаруживать внеземное вещество достаточно быстро.

Работа выполнена в рамках бюджетной темы «Давление», №ААААА18-118020190104-3 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, проект 5.4825.2017/6.7.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кругликов Н.А., Крушинский В.В., Гроховский В.И. Современные методики поиска и сбора внеземного вещества // Физика космоса: Тр. 47-й междунаrod. студ. науч. конф., Екатеринбург, 30 янв.—3 февр. 2017 г. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2018.
2. Kruglikov N.A., Krushinsky V.V., Nazarov S.V., Kutkov O.E., Grokhovsky V.I., Borbolin A.D., Kruglikov N.N. Towards digital Russian fireball network for meteorite recovery // Meteoritics & Planetary Science. 2018, V53S, p. 6361.
3. Larionov M.Yu., Kruglikov N.A., Pastukhovich A.Yu., Gritsevich M.I., Lyytinen E., Muravyev L.A., Grokhovsky V.I. Analysis of the bright fireball over the Ural region of Russia on March 6, 2018 // Meteoritics & Planetary Science. 2018. V53S, p. 6302.
4. Vida D., Mazur M., Šegon D., Zubović D., Kukić P., Parag F., and Macan A. (2018b). “First results of a Raspberry Pi based meteor camera system”. WGN, Journal of the International Meteor Organization, 46:2, 71–78.
5. Vida D., Zubović D., Šegon D., Gural P., and Cupec R. (2016). “Open-source meteor detection software for low-cost single-board computers”. In Proceedings of the International Meteor Conference (IMC2016), Egmond, The Netherlands. pages 2–5.
6. https://fireballs.imo.net/members/imo_view/event/2019/504
7. <https://github.com/CroatianMeteorNetwork/RMS>
8. <http://www.imonet.org/reports/201802.pdf>
9. <https://www.ixbt.com/news/soft/index.shtml?18/66/57>